

13. Wainwright J., Mulligan M. Environmental Modeling: Finding Simplicity in Complexity. West Sussex, UK: John Wiley & Sons, Ltd. 2013. 496. URL: https://books.google.com/books/about/Environmental_Modelling.html?id=gff0sx0els8C.

14. Wolock D.M., McCabe G.J. Comparison of single and multiple flow direction algorithms for computing topographic parameters in TOPMODEL. Water Resources Research. 1995. Vol. 31, № 5. P. 1315–1324. DOI: 10.1029/95WR00471.

GIS modeling of the watershed and river network: analysis of hydrological processes on the example of the Brusnytsia river basin

Pasichnyk M.D.

The study of the Brusnytsia River basin demonstrates the effectiveness of modern GIS technologies for analyzing watershed systems, which is particularly relevant in the context of climate change and intensive anthropogenic impact. Small rivers play a crucial role in maintaining ecological balance, providing water supply, supporting biodiversity, and shaping local ecosystems. However, they are highly vulnerable to climate change, pollution, and irrational use, necessitating detailed monitoring and the development of effective management strategies. The main objective of this study was to model the watershed and river network of the Brusnytsia River using digital elevation models and GIS tools. The use of QGIS 3.22 and SAGA GIS 2.3.1 enabled precise spatial characterization, determination of flow directions, watershed boundaries, and the hierarchy of the river network, which improves the accuracy of flood forecasting, erosion assessment, and the development of water resource conservation measures.

The study utilized digital elevation models, particularly the Copernicus Global Digital Elevation Model with a 30-meter resolution, topographic maps, satellite images, and hydrological data. Algorithms such as Fill Sinks (Wang & Liu), Flow Direction, Flow Accumulation, Catchment Area, Drainage Basins, and Strahler Order helped to create a basin model, determine the river network hierarchy, and assess potential flood risks. It was found that automated modeling allows for more accurate watershed boundary delineation; however, in complex terrain conditions, errors may arise, including the erroneous inclusion of part of the Prut River's floodplain into the Brusnytsia basin. The hierarchical analysis of the river network revealed that most small watercourses form in the upper reaches of the basin, with the main runoff concentrated in the middle and lower sections. Flood zone analysis indicated the highest risk in the middle part of the basin, where runoff accumulates following heavy rainfall or snowmelt. The use of the Sediment Transport Capacity method allowed for the identification of erosion-prone zones most susceptible to soil degradation. The study found that the most active erosion processes occur on steep slopes, which may lead to channel shifts and sediment accumulation.

The application of GIS technologies enabled the automation of significant parts of the process, reducing errors and making the study more precise. The results have practical implications for water resource management, particularly in identifying erosion-prone areas, optimizing drainage systems, and planning flood prevention measures. Additionally, the data can be used for environmental monitoring, assessing anthropogenic impacts on river ecosystems, and conducting scientific research on the hydrological characteristics of small rivers. Promising directions include integrating more detailed digital elevation models with resolutions of 5–10 meters, using real hydrometric data for model calibration, and analyzing climate change impacts on runoff in small river basins. The study confirmed that GIS is an effective method for analyzing river systems and managing water resources, allowing for the consideration of spatiotemporal runoff features, identification of potentially hazardous areas, and development of recommendations for sustainable water use.

Keywords: GIS modeling, Digital Elevation Model (DEM), SAGA, QGIS, sustainable management of river systems.

Надійшла до редколегії 26.12.2024

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2024.4.4>

УДК 556.5

Гопцій М.В.¹, Поздняков Ю.О.²

¹Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ

²Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, м. Одеса

ОЦІНКА СЕЗОННОГО СТОКУ РІЧОК СУББАСЕЙНУ ТИСИ

Стаття присвячена дослідженню водного режиму річок суббасейну Тиси в межах України, що є критично важливим в умовах сучасних кліматичних змін, які характеризуються зростанням екстремальних погодних явищ. Метою дослідження є оцінка величини річного стоку, аналіз фаз водності та коливань водності в межах сезонів, що дозволяє визначити періоди з надлишком або дефіцитом водних ресурсів.

Використовуючи статистичні методи обробки стокових рядів спостереження визначені середні багаторічні модулі стоку та їх просторово-часову мінливість.

ISSN:2306-5680 **Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2024. № 4 (74)**

Проведено детальний аналіз внутрішньорічного розподілу стоку, який показав, що найбільший відсоток стоку формується у березні-квітні (центральна та західна частини суббасейну) та квітні-травні (східна частина суббасейну). Узагальнюючи дані спостережень, встановлено, що весняний стік становить 38%, літньо-осінній – 40%, а зимовий – 22% від річного стоку. При цьому в східній частині суббасейну частка літньо-осіннього сезону становить 46%, а зимового – лише 15%, що свідчить про специфічні умови формування стоку в цьому регіоні.

Результати дослідження мають важливе практичне значення для планування водокористування, управління водними ресурсами та запобігання стихійним лихам, таким як повені та посухи. Вони також можуть бути використані для розробки стратегій адаптації до змін клімату та забезпечення сталого розвитку регіону.

Ключові слова: суббасейн Тиси, річний та сезонний стік, мінливість стоку, статистичні характеристики.

Вступ. В умовах кліматичних змін, які характеризуються зростанням екстремальних погодних явищ, дослідження характеристик та особливостей водного режиму набуває особливої актуальності. Наукові праці [1-5] підкреслюють необхідність глибокого аналізу гідрологічних процесів на річках України, особливо для транскордонних басейнів при узгодженні дій між країнами-сусідами та при впровадження Водної Рамкової Директиви (ВРД) ЄС для сталого управління водними ресурсами.

За останні тридцять років середньорічна температура повітря загалом в Україні підвищилась на 1,2°C. Дослідження регіональних темпів потепління свідчить, що швидкість зростання температури повітря за 1975-2019 рр. становить, залежно від регіону, 0,61 – 0,82°C/10 років, тоді як у сусідніх країнах – 0,47-0,59°C/10 р., а в північній півкулі та Європі – 0,34 і 0,47°C/10 р. відповідно. Ці дані свідчать про те, що швидкість підвищення температури повітря в Україні є значно вищою за глобальні та європейські темпи [6]

Глобальне потепління призводить до змін у розподілі опадів, таненні снігу та льодовиків, що безпосередньо впливає на водний режим річок, збільшуючи частоту та інтенсивність повеней, паводків та посух, що вимагає розробки стратегії адаптації до змін водного режиму базуючись на його надійній оцінці [6].

Надійна оцінка величини річкового стоку визначає ступінь водозабезпеченості території та населення. Маючи дані про розподіл стоку по сезонах і місяцях є можливість визначити періоди з надлишком або дефіцитом водних ресурсів та вчасно вжити водогосподарські заходи для надійного забезпечення населення та галузей господарства водою у належній кількості та якості. Дослідження спрямоване на оцінку величини річного стоку на річках суббасейну Тиси в сучасних кліматичних умовах, аналіз фаз водності та коливання водності в межах сезонів.

Матеріали та методи дослідження. Суббасейн Тиси в межах України повністю охоплює Закарпатську область країни і займає 12,8 тис. км² (2% території країни). Суббасейн розташований у межах двох орографічних районів Закарпаття, а саме включає гірську та передгірську частини Карпат, з особливостями яких пов'язаний у значній мірі водний режим річок протягом року та під час паводків [7].

Досліджуваний суббасейн Тиси є частиною басейну річки Дунай і найбільшою лівою його притокою, протікаючи в межах України, Угорщини та Сербії, частково по кордону між Україною та Румунією та Угорщиною, а також по кордону між Словаччиною та Угорщиною [7].

Суббасейн Тиси займає південно-західну частину Українських Карпат та північно-східну частину Середньодунайської низовини по річці Тиса і її притоках. Тут протікає 165 річок з довжиною більше 10 км та розташовано 9 водосховищ (з об'ємом більше 1 млн м³). Поверхневий стік на території України формують Чорна і Біла Тиса, праві притоки Тиси – річки Тересва, Теремля, Ріка, Боржава та річки Уж і Латориця [7-8].

Карпатські гори впливають на клімат навколишньої території, утворюючи природну перешкоду, що захищає Закарпаття від вторгнення холодних арктичних мас повітря з північного сходу і сходу. Зима коротка, м'яка, нестійка, з частими відлигами. Літо помірно тепле та вологе. Середня температура повітря за рік в передгірних районах суббасейну становить 8,5-10,4 °С, у гірських долинах – 5,8-7,8 °С, у горах (на висоті 1100-1400 м) – близько 3°C. Середня температура січня, у якому відзначаються найнижчі температури, становить в низинно-передгірних районах -1,2...-2,4 °С, в гірських долинах – -2,8...-4,4°C, а

у горах – $-5,8^{\circ}\text{C}$. Середня температура найтеплішого місяця – липня – складає в низинно-передгірських районах $19,1-21,4^{\circ}\text{C}$, в гірських долинах – $16,2-18,3^{\circ}\text{C}$, а у горах – $11,7^{\circ}\text{C}$ [8].

Зимовий період у передгірних районах триває 71-81 діб починаючи з кінця листопада – початку грудня і триває до початку другої-третьої декади лютого, коли відбувається стійкий перехід середньої добової температури повітря через 0°C у бік потепління та починається весна, в гірських долинах зимовий період триває 91-110 діб – з третьої декади листопада до кінця лютого - першої декади березня [9-10].

Тепла погода встановлюється з середини квітня (на передгір'ї) - травня (у горах) і утримується до жовтня-листопада.

Опади по території Закарпатської області розподіляються нерівномірно – від 670-730 мм (на низині), 860-1060 мм (у передгір'ї) до 1210 мм (у горах). При цьому близько 60% річних сум опадів випадає в теплий період року.

Сніговий покрив в низовинній та передгірній частинах області відзначається великою нестійкістю. Тут він встановлюється навіть не кожену зиму і рідко триває довше 1 місяця. В гірських районах тривалість залягання снігового покриву коливається в досить широких межах. В широких долинах, які продуваються вітром, висота снігового покриву не перевищує 3-5 см. В окремі багатосніжні зими висота снігового покриву може сягати 40-50 см.

Водний режим на річках суббасейну Тиси залежить від умов сніготанення в зимово-весняний період, а також від кількості опадів, що випали і їх інтенсивності навесні і влітку. Живлення річок тут змішане і в формуванні стоку в різних частинах території роль талих і дощових вод дещо різна.

Спостереження за щоденними витратами води на річках суббасейну Тиси здійснюються на сьогодні по 23 гідрологічних постах (рис.1). При цьому дані спостережень по р. Теремля -с. Колодне (2016-2020 рр.) не було використано для подальших розрахунків через нетривалий ряд даних [11].

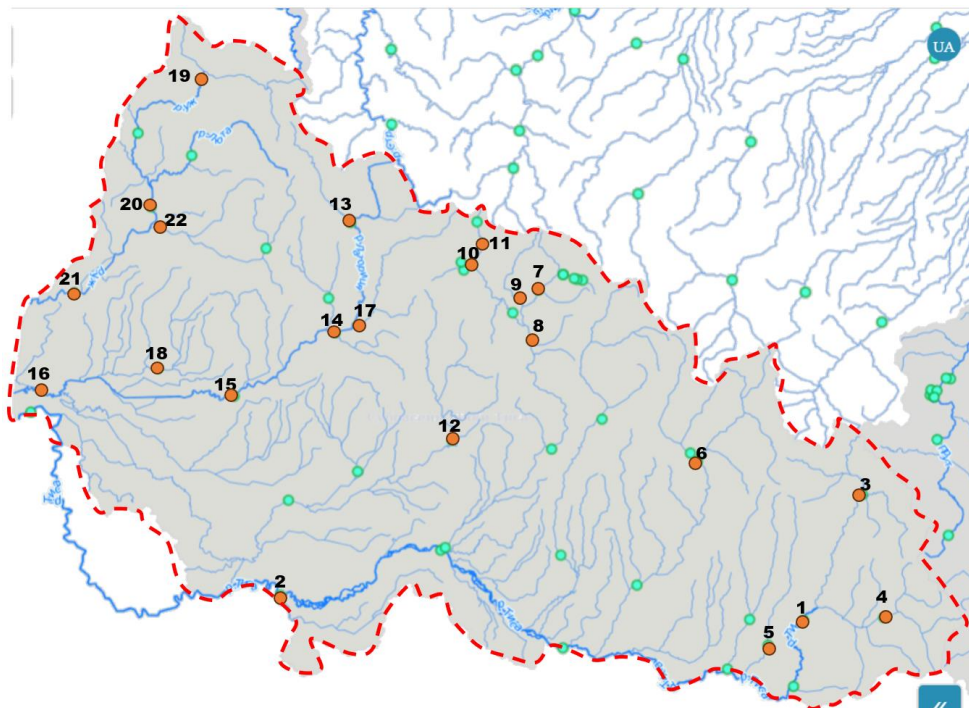


Рис. 1. Карта-схема розташування витратомірних гідрологічних постів на річках суббасейну Тиси (номер поста відповідає номеру у табл. 1)

Для аналізу багаторічних коливань водності річок суббасейну Тиси розглянуто водозбори з площами від $25,4\text{ км}^2$ (р. Студений - с. Нижній Студений) до 9140 км^2 (р. Тиса - смт Вилочок) за весь період інструментальних спостережень (по 2020 рік, включно). Середня

тривалість рядів спостереження складає 67 років, при діапазоні від 58 років (р. Косівська - с. Косівська Поляна) до 75 років (р. Ріка - смт Міжгір'я).

Середня висота водозборів складає 792 м при діапазоні висот від 300 м (р. Стара - с. Зняцьово) до 1200 м (р. Біла Тиса - с. Луги) та середній залісеності водозборів 61 % при діапазоні від 18 % (р. Студений - с. Нижній Студений) до 83 % (р. Косівська - с. Косівська Поляна).

Виклад основного матеріалу. Водність річок суббасейну Тиси характеризується значною мінливістю протягом року та за багаторічний період. Це зумовлено різноманітністю факторів, що впливають на формування стоку, зокрема: кліматичні умови; морфологічні особливості басейну та гідрологічні фактори.

Для річок суббасейну Тиси характерні наступні сезонні зміни водності: весняна повінь (зумовлена таненням снігу в горах та інтенсивними опадами), літня межень (характеризується низькою водністю через зменшення опадів та інтенсивне випаровування), осіння повінь (як наслідок тривалих дощів) і зимова межень (зумовлена льодоутворенням та зменшенням живлення річок) [10-11].

Весняна повінь на річках басейну Тиси в межах України зазвичай спостерігається з кінця лютого - початку березня, пік припадає на березень-квітень. Тривалість весняної повені може тривати від кількох тижнів до кількох місяців, залежно від погодних умов та кількості снігу, що випав за зиму. Терміни можуть змінюватися залежно від конкретного року.

За багаторічний період спостерігаються значні коливання водності річок суббасейну Тиси. Періоди з підвищеною водністю можуть тривати кілька років і чергуватися з періодами маловоддя.

Розглянемо коливання водності річок суббасейну Тиси на прикладі деяких водозборів (рис.2): р. Біла Тиса – с. Луги і р. Тересва – смт Усть Чорна у східній частині басейну, р. Голятинка – с. Майдан і р. Боржава – с. Довге у центральній частині та р. Латориця – м. Свалява і р. Уж – с. Заречево у західній частині.

Аналізуючи побудовані графіки відхилень середньорічних модулів стоку від норми стоку можемо відмітити зміну угруповань років більших і менших по водності від норми стоку. За сучасний кліматичний період (1991-2020рр.) майже по всіх розглянутих водозборах кількість років по водності менших від норми було більше від співвідношенні 16/14 до 23/7, крім р. Біла Тиса -с. Луги у якої за 30річний період було 14 років з водністю менше за норму і, відповідно, 16 років із водністю більше за норму. Також на водозборі р. Біла Тиса – с. Луги у маловодну фазу, яка розпочалась з 2011 року, відмічається рівна кількість років по водності менших і більших від норми. Тоді як по всіх інших розглянутих водозборах кількість років менших за норму становить 8-10 років.

На р. Тересва – смт Усть-Чорна, р. Голятинка – смт Майдан, р. Боржава – с. Довге і р. Латориця – м. Свалява в останні 30 років переважають маловодні роки, тоді як по р. Біла Тиса – с. Луги і р. Уж – с. Зарічово відносно рівна кількість років, які оцінюються як багатоводні та маловодні.

Також можна відмітити, що досліджувана територія характеризується частими паводками [14], які охоплюють різні території басейну, а тому один і той же рік на одному водозборі сформується стік більший за норму, а іншому водозборі, навпаки, менший за норму стоку.

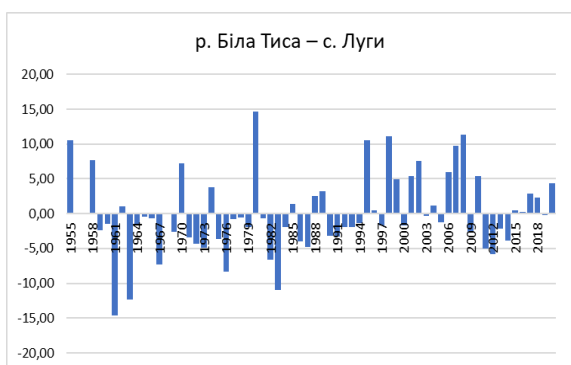
На першому етапі дослідження було визначено статистична параметри (середнє значення ряду, коефіцієнти варіації і асиметрії та співвідношення C_s/C_v) часових рядів середньорічних модулів стоку річок суббасейну Тиси, використовуючи рекомендовані статистичні методи: моментів та найбільшої правдоподібності [12].

Середній багаторічний середньорічний модуль стоку по водозборах річок суббасейну Тиси змінюється від 9,71 л/(с·км²) р. Стара - с. Зняцьово ($F = 224$ км²) у західній частині суббасейну до 36,6 л/(с·км²) р. Косівська - с. Косівська Поляна ($F = 122$ км²) у південно-східній частині суббасейну (табл.1).

Коефіцієнти варіації C_v як за методом моментів, так і за методом найбільшої правдоподібності коливаються в межах 0,20-0,40, а коефіцієнти асиметрії мають більший діапазон коливань 0,17-1,12 за методом моментів та 0,20-1,20 за методом найбільшої

правдоподібності. Середнє співвідношення C_s/C_v для середньорічних модулів стоку для річок суббасейну Тиси прийнято на рівні 2,5.

$$q_i - \bar{q}_n$$



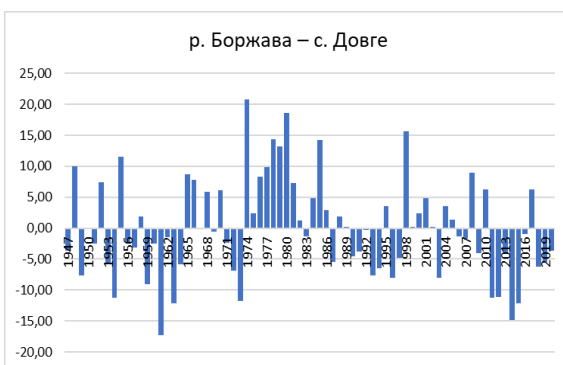
$$q_i - \bar{q}_n$$



$$q_i - \bar{q}_n$$



$$q_i - \bar{q}_n$$



$$q_i - \bar{q}_n$$



$$q_i - \bar{q}_n$$

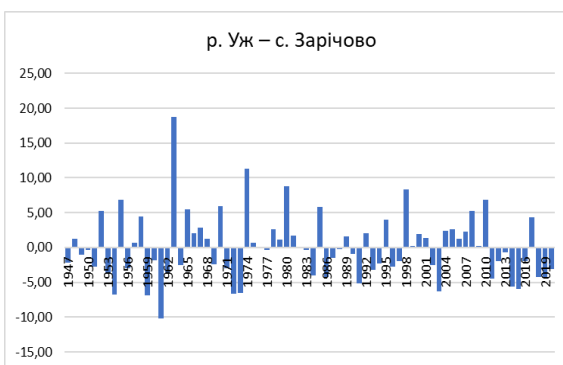


Рис. 2. Хронологічні графіки коливань водності на річках суббасейну Тиси

Похибка визначення середньої багаторічної величини стоку по досліджених водозборах оцінюється коливається від 2,4 % до 4,8%, що не перевищує допустиму похибку для річного стоку ($\pm 10\%$), а тому може бути прийнято за норму [12].

На території України, виходячи із умов формування та особливостей розподілу річного стоку по місяцях і сезонах [12], за типовим внутрішньорічним розподілом стоку виділені 16 районів. Суббасейн Тиси відноситься до 2 з них, де весняний стік (III-V) оцінюється у різні роки по водності від 35,6-38,4 % до 50,5-51,0 %, літньо-осінній сезон (VI-XI) від 25,6-40,1 % до 37,4-43,1 %, а зимовий відповідно від 9,2-11,8 % до 18,3-27,2 %.

Таблиця 1. Статистичні параметри часових рядів середньорічних модулів стоку річок суббасейну Тиси (в межах України)

№ за/п	Річка - пост	F, км ²	n, років	q _{ср} , л/(с·км ²)	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності			Похибка
					Cv	Cs	Cs/Cv	Cv	Cs	Cs/Cv	
1	Тиса - смт Рахів	1070	74	23,7	0,21	0,42	2,0	0,21	0,44	2,1	2,4
2	Тиса - смт Вилок	9140	67	22,0	0,26	0,41	1,6	0,26	0,43	1,7	3,1
3	Чорная Тиса - смт Ясиня	194	65	24,6	0,25	0,73	2,9	0,25	0,78	3,1	3,2
4	Біла Тиса - с.Луги	189	66	27,3	0,20	0,26	1,3	0,20	0,29	1,4	2,5
5	Косівська - с.Косівська Поляна	122	58	36,6	0,23	0,92	4,1	0,22	1,003	4,5	2,9
6	Тересва – смт Усть Чорна	572	71	31,5	0,25	0,81	3,2	0,25	0,86	3,4	3,0
7	Ріка - с.Верхній Бистрий	165	63	24,6	0,28	0,82	3,0	0,28	0,88	3,2	3,5
8	Ріка – смт Міжгір'я	550	75	24,4	0,25	0,17	0,7	0,25	0,20	0,8	2,9
9	Голятинка - с.Майдан	86	61	24,5	0,25	0,75	3,0	0,25	0,78	3,2	3,1
10	Пилипець - с.Пилипець	44,2	64	33,0	0,24	0,28	1,2	0,24	0,31	1,3	3,0
11	Студений - с.Нижній Студений	25,4	63	22,7	0,27	0,76	2,8	0,27	0,81	3,0	3,4
12	Боржава - с.Довге	408	74	26,5	0,30	0,36	1,2	0,30	0,39	1,3	3,5
13	Латориця - с.Підполоззя	324	74	27,9	0,30	0,54	1,8	0,30	0,58	1,9	3,4
14	Латориця - м.Свалява	680	59	21,1	0,30	0,90	3,0	0,30	0,98	3,3	3,9
15	Латориця - м.Мукачеве	1360	74	19,0	0,32	0,97	3,1	0,31	1,01	3,3	3,6
16	Латориця - м.Чоп	2870	64	12,3	0,34	1,12	3,3	0,33	1,20	3,6	4,2
17	Віча - с.Неліпино	241	63	27,6	0,26	0,47	1,9	0,26	0,51	2,0	3,2
18	Стара - с.Зняцьово	224	69	9,71	0,40	0,66	1,7	0,40	0,71	1,8	4,8
19	Уж - с.Жорнава	286	69	22,5	0,27	0,33	1,3	0,27	0,37	1,4	3,2
20	Уж - с.Заречево	1280	74	16,5	0,28	1,01	3,6	0,28	1,06	3,7	3,3
21	Уж - м.Ужгород	1970	74	14,6	0,27	0,40	1,5	0,27	0,42	1,6	3,1
22	Тур'я - с.Сімер	464	63	19,6	0,31	0,61	2,0	0,31	0,63	2,0	3,9
	Середнє		67				2,3			2,4	3,3

За дослідженням у [13] суббасейн Тиси у сучасних кліматичних умовах відноситься до Тисо-Латорицької ландшафтно-гідрологічної провінції, де у весняний сезон формується 31 %, літньо-осінній – 45 %, а зимовий 24 % річного стоку, відповідно.

Внутрішньорічний режим стоку річок цього суббасейну характеризується наявністю паводочного періоду з березня по серпень, під час якого формується від 55 % до 70 % річного стоку. У маловодні роки високі паводки іноді спостерігаються восени й навіть узимку [13].

У зв'язку з такою складністю режиму стоку річок визначення меж сезонів є досить умовним, тому що паводки, що спостерігаються протягом усього року, ускладнюють виділення меженого періоду.

Практичне значення кількісної оцінки внутрішньорічного розподілу стоку по місяцях та по сезонах необхідне для забезпечення потреб у воді населення та господарства. А також з метою дотримання принципів сталого розвитку з безумовним дотриманням при цьому принципів мінімізації вилучення води з природного кругообігу, досягнення екологічної чистоти водного середовища, запобігання шкідливого впливу водної стихії на

сільськогосподарські угіддя, урбанізовані території, промислові й інфраструктурні об'єкти [12-13].

По вибраних водозборах-індекаторах за методом реального року визначено розподіл стоку води по місяцях. На водозборах у центральній і західній частинах суббасейну Тиси найбільший відсоток стоку у році припадає на березень (13,9-17,3%) і квітень (13,8-14,9%), а для водозборів східної частини суббасейну це квітень (15,4-17,3%) і травень 14,1-16,9%. Відповідно найменші за водністю місяці на досліджуваній території наступні: східна частина суббасейну - січень і лютий (по 4,3-4,9 %), в інших частинах суббасейну – це серпень (3,5-4,9%) і вересень (3,8-5,3%).

Щодо сезонного розподілу стоку за весь період інструментальних спостережень для річок суббасейну Тиси маємо наступний розподіл: весняний сезон (III-V) 36,6-39,9 % та сезони літньо-осінньої межени (VI- XI) – 32,1-46,5% і зимової межени (XII-II) – 14,1-28,4 %.

При цьому, якщо розглянути розподіл стоку по сезонах на прикладі одного з водозборів, наприклад, р. Боржава- с. Довге (рис. 3), то можемо побачити, що частка кожного з них з року в рік коливається у значному діапазоні. Так за весняний сезон формувалося від 18% до 65% річного стоку, за літньо-осінній сезон – від 18% до 68%, а за зимовий сезон – від 5% до 38%.

За останні 30 років (1991-2020рр.) у весняний сезон формувалося, в середньому, 39% (діапазон 18-65%), у літньо-осінній сезон 43% (діапазон 26-68%) і у зимовий – 18% (діапазон 5-34%). А якщо розглянути такий самий період до відмічених змін у кліматичних факторах, тоді за період 1961-1990рр. весняний стік складав 19-65% (в середньому за період 38%), літньо-осінній – 26-66% (в середньому за період 46%) та зимовий – 5-31% (в середньому 16%)

Таким чином, стік за весняний сезон залишився майже без змін ($\pm 1\%$) у всі розглянуті періоди. У літньо-осінній і зимовий періоди зміни в середньому по сезонах не перевищують $\pm 1-3\%$, але ось діапазон частки зимового стоку за сучасний період у порівнянні з усім періодом спостережень був менший на 7%, а період 1961-1990рр. – на 10%. І, відповідно, діапазон частки стоку за літньо-осінній сезон у сучасний період на 8% менше від діапазону за весь період спостережень, а за період 1961-1990рр. – на 10% менше.

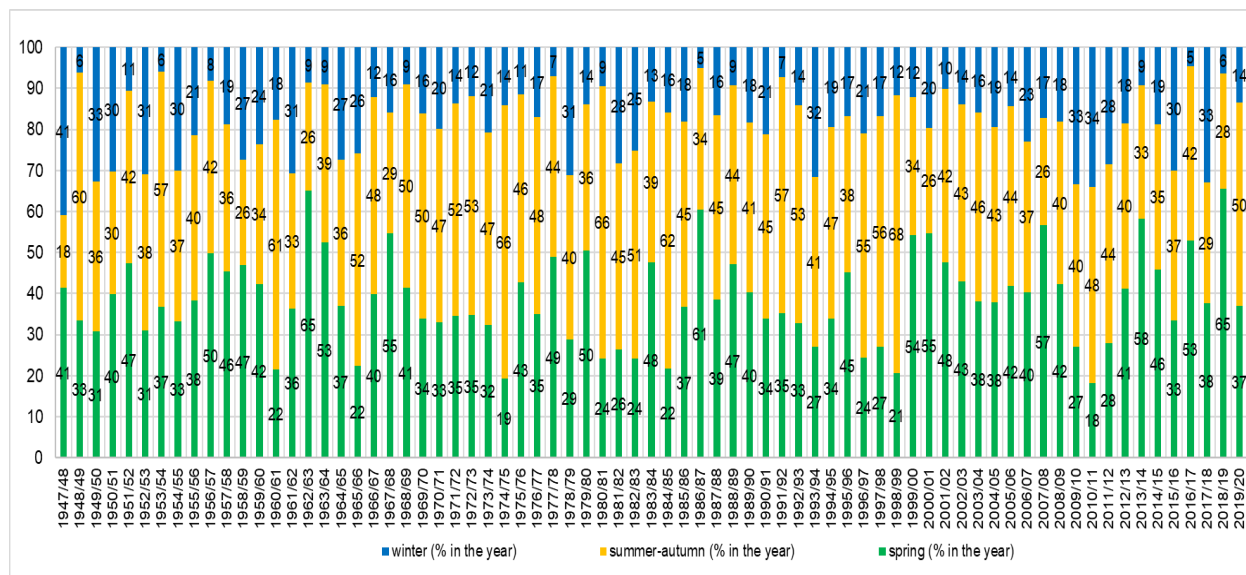


Рис. 3. Динаміка зміни розподілу сезонного стоку (у %) річок суббасейну Тиси на прикладі водозбору р. Боржава – с. Довге

Отже, при узагальненні рядів спостереження по 2020 рік, включно, маємо що весняний стік на річках суббасейну Тиси складає 38%, літньо-осінній – 40% і зимовий -22% від об'єму річного стоку. При цьому на річках центральної і західної частини суббасейну у порівнянні із східною частиною є певні відмінності у період межени. Так частка літньо-осіннього сезону у східній частині становить 46%, а зимового, відповідно, лише 15%.

Висновки. Водний режим річок суббасейну Тиси залежить від умов сніготанення в зимово-весняний період, а також від кількості опадів, що випали і їх інтенсивності навесні і влітку.

Величина середньорічних модулів стоку, що формуються на річках суббасейну Тиси, змінюється від 9,71 л/(с·км²) р. Стара - с. Зняцьово (F = 224 км²) у західній частині суббасейну до 36,6 л/(с·км²) р. Косівська - с. Косівська Поляна (F = 122 км²) у південно-східній частині суббасейну при коефіцієнтах варіації 0,20-0,40 і прийнятому середньому співвідношенні C_s/C_v на рівні 2,5. Ряди спостереження є репрезентативними, а тому середні багаторічні модулі стоку є нормою стоку. За останні 30 років відмічається певна зміна у величинах кліматичних факторів формування стоку, а тому на більшості розглянутих водозборах переважають роки по водності менші за норму стоку. А з урахуванням настання ще й маловодної фази з 2011 року водність річок лише в одиничних випадках є близькою або дещо перевищує норму стоку.

Проведено розрахунок внутрішньорічного розподілу стоку, де встановлено, що на водозборах у центральній і західній частинах суббасейну Тиси формується найбільший відсоток стоку у березні (13,9-17,3%) і квітні (13,8-14,9%), а на водозборах східної частини суббасейну - у квітні (15,4-17,3%) і травні 14,1-16,9% від об'єму річного стоку. При узагальненні рядів спостережень по 2020 рік включно, маємо що весняний стік на річках суббасейну Тиси складає 38%, літньо-осінній – 40% і зимовий -22%. При цьому на річках центральної і західної частини суббасейну у порівнянні із східною частиною є певні відмінності у період межені. Так частка літньо-осіннього сезону у східній частині суббасейну Тиси становить 46%, а у зимовий, відповідно, лише 15% від об'єму річного стоку.

Список літератури

1. Melnyk S., Loboda N. Trends in monthly, seasonal, and annual fluctuations in flood peaks for the upper Dniester River. *Meteorology Hydrology and Water Management*. Vol. 8(2). 2020.P. 28-36 URL: <https://doi.org/10.26491/mhwm/126705>
2. Blöschl, G. et al. Changing climate shifts timing of European floods. *Science*. 2017. Vol. 357, Issue 6351, 588–590. URL: <https://doi.org/10.1126/science.aan2506>
3. Blöschl G., Hall J., Viglione A. et al. Changing climate both increases and decreases European river floods. *Nature*. 2019. No 573. Pp. 108-111.
4. Балабух В.О., Лук'янець О.І. Зміни клімату та їх наслідки в Рахівському районі Закарпатської області. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2015. Вип. 2. С. 132-148. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/glghge_2015_2_18
5. Bolbot H., Grebin V., Obodovskyi O. The Average Annual Water Runoff Long-Term Fluctuations Trends of the Dniester Podolia Tributaries. 17th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, Nov 2023, Volume 2023, p.1–5. URL: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023520210>
6. Яцюк М.В., Адаменко Т.І., Ромащенко М.І., Цветкова Г.М., Колмаз Ю.Т., Кульбіда М.І., Прокопенко А.Л., Сайдак Р.В., Сидоренко О.О. Концептуальні основи плану управління посухами в Україні. Київ: ФОРМ Ямчинський О.В., 2021. 44 с.
7. План управління річковим суббасейном Тиси 2025-2030 (проект). Частина I. URL: https://buvrtysa.gov.ua/newsite/wp-content/uploads/2022/12/Tysa_PURB_2-1-100.pdf.
8. Екстремальні гідрологічні явища: паводки і посухи на території гірських регіонів України : монографія / за ред. Є.Д.Гопченка; Одеськ. держ. екол-ний ун-т. Одеса: ТЕС, 2018. 324 с.
9. Лобода Н.С. Закономірності коливань річного стоку річок України при змінах клімату на початку ХХІ сторіччя. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2010. Т. 18. С. 62-70. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/glghge_2010_18_9
10. Горбачова Л.О. Багаторічні тенденції річного стоку води річок України та його кліматичних чинників. *Гідрологія. Водні ресурси. Наукові праці УкрДГМІ*. 2016. Вип. 269. С. 94-106.
11. Овчарук В.А., Гопцій М.В., Поздняков Ю.О. Сезонні значення стоку води та їх забезпеченість на річках суббасейну Тиси. Матеріали 79-ої звітної наукової конференції професорсько-викладацького складу і наукових працівників Одеського національного університету імені І.І. Мечникова, 27-29 листопада. Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова. 2024. С.109-112.
12. Гідрологічні розрахунки : підручник / Є.Д. Гопченко, Н.С. Лобода, В.А. Овчарук. Одеса: ТЕС, 2014. 484 с.
13. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). Київ, 2010. 316 с.

14. *Valeriya Ovcharuk, Maryna Goptsiy*. Study of trends in the time series of maximum water discharges in the Tisza basin rivers within Ukraine. *Acta Hydrologica Slovaca*, Volume 23, No. 1. 2022. P. 33–42.

References

1. *Melnyk S., Loboda N.* Trends in monthly, seasonal, and annual fluctuations in flood peaks for the upper Dniester River. *Meteorology Hydrology and Water Management*. Vol. 8(2). 2020.R. 28-36 URL: <https://doi.org/10.26491/mhwm/126705>

2. *Blöschl, G. et al.* Changing climate shifts timing of European floods. *Science*. 2017. Vol. 357, Issue 6351, 588–590. URL: <https://doi.org/10.1126/science.aan2506>,

3. *Blöschl G., Hall J., Viglione A. et al.* Changing climate both increases and decreases European river floods. *Nature*. 2019. No 573. Rp. 108-111.

4. *Balabukh V.O., Lukianets O.I.* Zminy klimatu ta yikh naslidky v Rakhivskom raioni Zakarpatskoi oblasti [Climate change and its consequences in the Rakhiv district of the Transcarpathian region]. *Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroekolohiiia*. 2015. Vyp. 2. S. 132-148. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/glghge_2015_2_18

5. *Bolbot H., Grebin V., Obodovskyi O.* The Average Annual Water Runoff Long-Term Fluctuations Trends of the Dniester Podolia Tributaries. 17th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, Nov 2023, Volume 2023, p.1–5. URL: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023520210>

6. *Yatsiuk M.V., Adamenko T.I., Romashchenko M.I., Tsvietkova H.M., Kolmaz Yu.T., Kulbida M.I., Prokopenko A.L., Saidak R.V., Sydorenko O.O.* Kontseptualni osnovy planu upravlinnia posukhamy v Ukraini [Conceptual framework for a drought management plan in Ukraine]. Kyiv: FOP Yamchynskiy O.V., 2021. 44 s.

7. Plan upravlinnia richkovym subbaseinom Tysy 2025-2030 (proiekt) [Tisza River Sub-Basin Management Plan 2025-2030 (draft)]. Chastyna I. URL: https://buvrtysa.gov.ua/newsite/wp-content/uploads/2022/12/Tysa_PURB_2-1-100.pdf.

8. Ekstremalni hidrolohichni yavlyshchya: pavodky i posukhy na terytorii hirskykh rehioniv Ukrainy [Extreme hydrological phenomena: floods and droughts in the mountainous regions of Ukraine]: monohrafiia/ za red. Ye.D.Hopchenka; Odesk. derzh. ekol-nyi un-t. Odesa: TES, 2018. 324 s.

9. *Loboda N.S.* Zakonomirnosti kolyvan richnoho stoku richok Ukrainy pry zminakh klimatu na pochatku KhKhI storichchia [Patterns of fluctuations in the annual flow of rivers in Ukraine during climate change at the beginning of the 21st century]. *Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroekolohiiia*. 2010. T. 18. S. 62-70. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/glghge_2010_18_9

10. *Horbachova L.O.* Bahatorichni tendentsii richnoho stoku vody richok Ukrainy ta ioho klimatychnykh chynnykiv [Long-term trends in annual river runoff in Ukraine and its climatic factors]. *Hidrolohiiia. Vodni resursy. Naukovi pratsi UkrDHMI*. 2016. Vyp. 269. S. 94-106.

11. *Ovcharuk V.A., Hoptsiy M.V., Pozdniakov Yu.O.* Sezonnii znachennia stoku vody ta yikh zabezpechenist na richkakh subbaseinu Tysy [Seasonal values of water flow and their availability on the rivers of the Tisza sub-basin]. *Materialy 79-oi zvitnoi naukovoii konferentsii profesorsko-vykladatskoho skladu i naukovykh pratsivnykiv Odeskoho natsionalnogo universytetu imeni I.I. Mechnykova*, 27-29 lystopada. Odesa : Odes. nats. un-t im. I. I. Mechnykova. 2024. S.109-112.

12. *Hidrolohichni rozrakhunky [Hydrological calculations]: pidruchnyk / Ye.D. Hopchenko, N.S. Loboda, V.A. Ovcharuk*. Odesa: TES, 2014. 484 s.

13. *Hrebin V.V.* Suchasnyi vodnyi rezhym richok Ukrainy (landshaftno-hidrolohichniy analiz) [Modern water regime of rivers of Ukraine (landscape and hydrological analysis)]. Kyiv, 2010. 316 s.

14. *Valeriya Ovcharuk, Maryna Goptsiy*. Study of trends in the time series of maximum water discharges in the Tisza basin rivers within Ukraine. *Acta Hydrologica Slovaca*, Volume 23, No. 1. 2022. P. 33–42.

Assessment of Seasonal Runoff in the Tisza River Sub-Basin.

Goptsiy M.V., Pozdnyakov Yu.O.

The article is devoted to the study of the water regime of the rivers of the Tisza sub-basin within Ukraine, which is critically important in the context of modern climate change, which is characterized by the growth of extreme weather events. Global warming leads to changes in the distribution of precipitation, melting of snow and glaciers, which directly affects the water regime of rivers, increasing the frequency and intensity of floods, floods and droughts, which requires the development of a strategy for adapting to changes in the water regime based on its reliable assessment. The purpose of the study is to estimate the value of the annual runoff, analyze the phases of water content and fluctuations in water content within the seasons, which allows to determine periods with a surplus or deficit of water resources.

The study is based on the analysis of observation data on daily water flows at 22 hydrological stations located on the rivers of the Tisza sub-basin for the period up to 2020. Statistical methods of time series analysis were used, in particular, determining the average values, coefficients of variation and asymmetry, and the runoff rate was determined.

The results of the study showed that the average multi-year average annual runoff module in the catchments of the rivers of the Tysa sub-basin varies from 9.71 l/(c·km²) of the Stara River - the village of Znyatsovo (F = 224 km²) in the western part of the sub-basin to 36.6 l/(c·km²) of the Kosivska River - the village of Kosivska Polyana (F = 122 km²) in the southeastern part of the sub-basin. It was established that over the past 30 years, low-water years have prevailed in most catchments, but years with high floods are also noted.

A detailed analysis of the intra-annual distribution of runoff was conducted, which showed that the largest percentage of runoff is formed in March-April (central and western parts of the sub-basin) and April-May (eastern part of the sub-basin). Summarizing the observation data, it was found that spring runoff is 38%, summer-autumn - 40%, and winter - 22% of the annual runoff.

Special attention is paid to identifying differences in the distribution of runoff between the eastern and central-western parts of the sub-basin. It was found that in the eastern part of the sub-basin the share of the summer-autumn season is 46%, and winter - only 15%, which indicates the specific conditions for runoff formation in this region.

The results of the study are of important practical importance for water use planning, water resources management and prevention of natural disasters such as floods and droughts. They can also be used to develop strategies for adapting to climate change and ensuring sustainable development of the region.

Надійшла до редколегії 15.12.2024